

S4 1 PN="62-258414"  
?t 4/5/1

4/5/1

DIALOG(R)File 347:JAPIO

(c) 2001 JPO & JAPIO. All rts. reserv.

02341514 \*\*Image available\*\*  
PROJECTION OPTICAL SYSTEM FOR PRECISE COPYING

PUB. NO.: 62-258414 [JP 62258414 A]  
PUBLISHED: November 10, 1987 (19871110)  
INVENTOR(s): SATO TAKEO  
ARAKI NOBUHIRO  
KAWADA KOICHI  
NOMURA NOBORU  
UENO ATSUSHI  
YOSHIDA SHOTARO  
APPLICANT(s): MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD [000582] (A Japanese Company  
or Corporation), JP (Japan)  
APPL. NO.: 61-102336 [JP 86102336]  
FILED: May 02, 1986 (19860502)  
INTL CLASS: [4] G02B-017/08; G02B-013/24; G02B-027/18  
JAPIO CLASS: 29.2 (PRECISION INSTRUMENTS -- Optical Equipment)  
JOURNAL: Section: P, Section No. 695, Vol. 12, No. 138, Pg. 3, April  
27, 1988 (19880427)

#### ABSTRACT

PURPOSE: To reduce aberrations such as spherical and comatic aberrations, astigmatism, and distortion by coupling a catadioptric optical system which is large in aperture ratio and a catadioptric optical system which are small in refractive optical index and aperture ratio with each other coaxially about a phase correcting member and obtaining desired projection magnification.

CONSTITUTION: Light emitted from one point of a body 1 to be projected passes through lenses 1-4 while refracted and light passed through the lens 4 becomes parallel light, which is incident on the phase correcting plate 5 and reflected by a concave mirror 6 toward a body 1 to be projected; and the light is reflected by a concave mirror 7 again to the opposite side from the body 1 to be projected and passes through the aperture of the concave mirror 6 to form a projection image 8 behind the concave mirror 6 and in a plane perpendicular to a reference axis. The image magnification .beta. is as shown by an equation I, where  $h_{(sub\ 1)}$  is the height of the body,  $h_{(sub\ 2)}$  the image height,  $f_{(sub\ 1)}$  the focal length of a refraction optical system I,  $f_{(sub\ 2)}$  the focal length of a catadioptric optical system II,  $\theta_{(sub\ 1)}$  the angle of main beam incidence from the body height  $h_{(sub\ 1)}$  based on an optical axis A, and  $\theta_{(sub\ 2)}$  the angle of main light beam projection to the image height  $h_{(sub\ 2)}$ . then,  $\theta_{(sub\ 1)} = \theta_{(sub\ 2)}$  when the rear principal point of the refraction optical system I is made coincident with the front principal point of a catadioptric optical system II, so that the magnification .beta. is expressed by the ratio  $f_{(sub\ 2)}/f_{(sub\ 1)}$  of focal length, i.e. the ratio of aperture ratios.

?

## ⑫ 公開特許公報(A) 昭62-258414

⑪ Int. Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 昭和62年(1987)11月10日

G 02 B 17/08  
13/24  
27/188106-2H  
8106-2H  
7529-2H

審査請求 未請求 発明の数 1 (全7頁)

⑭ 発明の名称 精密複写用投影光学系

⑮ 特 願 昭61-102336

⑯ 出 願 昭61(1986)5月2日

⑰ 発 明 者 佐 藤 健 夫 川崎市多摩区東三田3丁目10番1号 松下技研株式会社内  
 ⑰ 発 明 者 荒 木 信 博 川崎市多摩区東三田3丁目10番1号 松下技研株式会社内  
 ⑰ 発 明 者 河 田 耕 一 川崎市多摩区東三田3丁目10番1号 松下技研株式会社内  
 ⑰ 発 明 者 野 村 登 門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内  
 ⑰ 発 明 者 上 野 厚 門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内  
 ⑰ 発 明 者 吉 田 正 太 郎 仙台市上杉1丁目10番23号  
 ⑰ 出 願 人 松下電器産業株式会社 門真市大字門真1006番地  
 ⑰ 代 理 人 弁理士 中尾 敏男 外1名

2

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

精密複写用投影光学系

## 2. 特許請求の範囲

- (1) 複数の屈折部材から成る屈折光学系と基準軸を中心に回転対称に位相補正部材と凸面鏡部材と中心に開口を備えた凹面鏡部材とを有するカタジオプトリック光学系とを共軸上で入射瞳を共有し、かつ屈折光学系の後側主点とカタジオプトリック光学系の前側主点がほぼ一致するように前記位相補正部材を境界として、物点側に屈折光学系、像点側にカタジオプトリック光学系が位置するように結合され、物点から出た光が屈折光学系を屈折されながら通過し、像点側のカタジオプトリック光学系に入射し、位相補正部材を通過後、凹面鏡部材により位相補正部材側に反射され、さらに凸面鏡部材により位相補正部材とは反対側に反射され、凹面鏡部材の開口を通過し、基準軸とは直角面内で、かつ凹面鏡部材の後方に結像するよう構成されている

ことを特徴とする精密複写用投影光学系。

- (2) 屈折光学系のカタジオプトリック光学系との対向面となる屈折材の曲率を零となし、カタジオプトリック光学系の屈折光学系との対向面となる位相補正部材の曲率を零とし互いにわずかの間隔を有するように共軸上で結合配置されている特許請求の範囲第1項記載の精密複写用投影光学系。
- (3) 屈折光学系のカタジオプトリック光学系側の最終屈折材の有するパワーをカタジオプトリック光学系の位相補正板が負担し、両側が曲率を有した位相補正部材とし、前記最終屈折材と前記位相補正部材とを一体化したことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の精密複写用投影光学系。
- (4) 共軸上で結合された屈折光学系とカタジオプトリック光学系の各々の口径比の比率が像倍率を与える特許請求の範囲第1項記載の精密複写用投影光学系。

## 3. 発明の詳細な説明

## 産業上の利用分野

本発明は、紫外光、遠紫外光などの極短波長に用いるのに適する精密複写用投影光学系に関するものである。

## 従来の技術

従来の精密複写用投影光学系としては、例えば、特公開57-12966号公報に示されているようにレンズによる屈折系から成るもの、特開昭55-17196号公報に示されているように反射系から成るものが知られている。

以下、図面を参照しながら従来の精密複写用投影光学系について説明する。

第5図に示すように屈折系のみから成る光学系においては、光学ガラス0及び光学結晶材0から成る複数枚のレンズが用いられ、像倍率は1/10の縮小系である。

第6図に示すように反射系を用いた複写用投影光学系においては、物体0から出た光線が主鏡100、副鏡101、主鏡100の順に反射され、物体0と同一平面上に1/1の等倍の像1を形成する構

5

成となっているため、使用波長に対する制約はない。しかし主鏡100、副鏡101は物体0、像1の軸上の点Pに対して同心配置となっているため、球面収差、コマ収差、歪曲収差は良好に補正されているが、タンジェンシャル方向の非点収差が大きく像面が湾曲する。そのためスリットを用い、タンジェンシャル方向、サジタル方向の非点収差が一致し、非点隔差が0となる像高にて円弧状フィールドを作り、例えば半導体ウェーハ上にマスクパターンを露光する場合には、物体0となるマスク、像面1となるウェーハを同時走査させて必要な投影フィールドを得、無収差に近い光学系を実現している。しかしながらこの反射光学系を縮小光学系に構成する場合には、第7図に示すようになり、テレセントリックを保ったままでは、主鏡100、主鏡102、副鏡101の総てが同心配置とならず、すなわち主鏡102と副鏡101を0を中心とした同心配置とすると主鏡100の中心は0とずれるので、軸外収差が悪化する。さらに物体0と像1が同一平面上とならないため、マスクとウェーハを別々に走

成となっており、物体側、像側共に主光線が光軸に対して平行となる両側テレセントリック光学系となっている。

## 発明が解決しようとする問題点

しかし前者においては、光学ガラス0にショット社製のUBK7のように特に紫外域の波長用に調質されたガラスを用いても、波長が280nmでは透過率が23%（硝材厚5mmの場合）と極端に低下する。一方、光学結晶材0の内、 $\text{FtF}_2$ 、 $\text{CaF}_2$ 、 $\text{KCl}$ 合成水晶のように200nm付近の波長においても約80%の透過率が得られるものがあるが、一般的に大型の結晶材の入手が困難であり、加工性が非常に悪く、高精度の加工が難しい。また種類が限られるため、設計の自由度が小さくなる。そのため紫外域、あるいは遠紫外域の波長においては、透過率を確保するために限られた枚数で口径比の小さい光学系を実現しようとする、十分な収差補正を行うことができず、屈折材料のみにより光学系を構成するのは、著しく困難となる。

一方後者においては、反射鏡のみで構成されて

6

査し、しかも走査スピードをやはり像倍率の比だけ変える必要がある。走査スピードの誤差が投影時の像の歪となるため、精密に制御する必要があるが、投影像が微細となる程、非常に困難となる。従って第6図に示すような反射光学系を用いて縮小光学系を実現するのは、光学収差補正、及び機能的に問題がある。

そこで本発明は、上記問題を解決するもので、光の吸収量を極力小さく抑え、また光学収差が小さく高解像を得ることができるようにした紫外域、遠紫外域用の精密複写用投影光学系を提供しようとするものである。

## 問題点を解決するための手段

そして上記問題点を解決するための本発明の技術的手段は、複数の屈折部材から成る屈折光学系と、基準軸を中心に回転対称に位相補正部材と凸面鏡部材と中心に開口を備えた凹面鏡部材とを有するカタジオブトリック光学系とを共軸上で入射光を共有し、かつ屈折光学系の後側主点とカタジオブトリック光学系の前側主点がほぼ一致するよ

うに前記位相補正部材を境界として、物点側に屈折光学系、像点側にカタジオプトリック光学系が位置するように結合され、物点から出た光が屈折光学系を屈折されながら通過し、像点側のカタジオプトリック光学系に入射し、位相補正部材を通過後、凹面鏡部材により位相補正部材側に反射され、さらに凸面鏡部材により位相補正部材とは反対側に反射され、凹面鏡部材の開口を通過し、基準軸とは直角面内で、かつ凹面鏡部材の後方に結像するよう構成したものである。

#### 作 用

上記技術的手段による作用は次のようになる。すなわち、被投影物体を物点側の屈折光学系の焦平面上に置き被投影物体から出る光を物点側の屈折光学系により一旦平行光となし、像点側のカタジオプトリック光学系により集光し、像形成を行うので、物点側の屈折光学系は一種のアフォーカルコンバータとしての働きをなし、有限距離におかれた被投影物体からの光線の像点側カタジオプトリック光学系への入射角を小さく抑えることが

でき、軸外の光学収差の発生量を低減することができる。

#### 実施例

以下、本発明の実施例を図面に基づいて詳細に説明する。

第1図は本発明の第1実施例における精密複写用投影光学系を示す全体断面図である。

各々合成石英から成る凸レンズ1、凹レンズ2、凸レンズ3、凸レンズ4により物点側の屈折光学系Iが構成されており、被投影物体1は、屈折光学系Iの焦平面F上に置かれる。

一方カタジオプトリック光学系IIは位相補正板5、中心に開口を備えた凹面鏡6及び凸面鏡7により構成されている。このカタジオプトリック光学系IIは被投影物体1に対し位相補正板5、凸面鏡6、凹面鏡6の順で配置されている。これら屈折光学系Iとカタジオプトリック光学系IIは共軸上で入射瞳Bを共有し、かつ位相補正板5に対してわずかに離して互いに相対するよう結合されている。

10

$$\rho = \frac{h_2}{h_1} = \frac{f_2 \cdot \tan \theta_2}{f_1 \cdot \tan \theta_1}$$

ここで、入射瞳Bは位相補正板5のL側頂点にあり、屈折光学系Iの後側主点とカタジオプトリック光学系IIの前側主点が一致するようになしているため、 $\theta_1 = \theta_2$ となり、焦点距離の比 $f_2/f_1$ が倍率 $\rho$ を与える。換言すれば、入射瞳Bを互いに共有し、その有効径が等しいため、互いの口径比の比が倍率 $\rho$ を与えることとなる。

また物点からの入射光束は屈折光学系Iにより一旦平行光に変換されてカタジオプトリック光学系IIへ入射するため、理論解像限界を決定する全系（屈折光学系I及びIIの結合として得られる）の口径比は、投影像側のカタジオプトリック光学系IIで決定され、被投影物体側の屈折光学系Iの口径比には依存しない。そのため屈折光学系Iの口径比を大きくすることができ、設計、加工は容易となる。その上、物体側の屈折光学系Iが一種のアフォーカルコンバータとしての働きをなし、有限距離におかれた被投影物体1からの光線の像

凸面鏡7及び凹面鏡6は各々入射瞳Bの光軸A上の点Oを中心として同心配置となっている。またレンズ4のL側（左側）、位相補正板5のR側（右側）及び凹面鏡6は非球面である。

而して被投影物体1の1点から出た光は、屈折しながらレンズ1、レンズ2、レンズ3、レンズ4を通過する。レンズ4を通過した光は平行光となり、レンズ4とわずかに離しておかれた位相補正板5に入射し、凹面鏡6により被投影物体1側へ反射され、その後、凸面鏡7により再度、被投影物体1とは反対側へ反射され、凹面鏡6の開口を通過し、基準軸とは直角面内で、かつ凹面鏡6の後方に投影像7を形成するようになっている。

次に本実施例における像倍率 $\rho$ について第2図を参照しながら説明する。今、物体高を $h_1$ 、像高を $h_2$ 、屈折光学系Iの焦点距離を $f_1$ 、カタジオプトリック光学系IIの焦点距離を $f_2$ 、光軸Aを基準とし、物体高 $h_1$ からの主光線入射角度を $\theta_1$ 、像高 $h_2$ への主光線出射角度を $\theta_2$ とすると、像倍率 $\rho$ は式で与えられる。

点側カタジオプトリック光学系Ⅱへの入射角を小さく抑え、軸外の光学収差の発生量を低減することができる。

一方、カタジオプトリック光学系Ⅱは、入射瞳Bの中心点を中心として凹面鏡6、凸面鏡7が同心配置としているため、コマ収差、非点収差、歪曲収差の発生を最小とすることができる。

また本実施例のような一括投影光学系では、従来に比べると球面収差は大きくなるが、残存する球面収差は、上記のように位相補正板5、凹面鏡3、レンズ4を非球面化することにより除去することができる。

また上記のように被投影物体側の屈折光学系Ⅰ、投影像側のカタジオプトリック光学系Ⅱは、独立に、軸上収差であるコマ収差、非点収差、歪曲収差が補正されているため、全系として結合した場合においても十分低収差の光学系を実現している。

次に本発明の具体的実施例について説明する。  
全系f（焦点距離）：100 mm、有効Fナンバー（F径比）：1.3、使用波長193 nm、倍率：1/5

の反射面の曲率半径、 $r_{11}$ は凸面鏡7の反射面の曲率半径、 $d_1$ はレンズ1の肉厚、 $d_2$ はレンズ1の射出側の面とレンズ2の入射側の面との間隔、 $d_3$ はレンズ2の肉厚、 $d_4$ はレンズ2の射出側の面とレンズ3の入射側の面との間隔、 $d_5$ はレンズ3の肉厚、 $d_6$ はレンズ3の射出側の面とレンズ4の入射側の面との間隔、 $d_7$ はレンズ4の肉厚、 $d_8$ はレンズ4の射出側の面と位相補正板5の内隔、 $d_9$ は位相補正板5の肉厚、 $d_{10}$ は位相補正板5の射出側の面と凹面鏡6の反射面との間隔、 $d_{11}$ は凹面鏡6の反射面と凸面鏡7の反射面との間隔、 $n_1$ はレンズ1の屈折率、 $n_2$ はレンズ2の屈折率、 $n_3$ はレンズ3の屈折率、 $n_4$ はレンズ4の屈折率、 $n_5$ は位相補正板5の屈折率である。

非球面係数

サグ量Zを下式で表現した場合の係数

$$Z = \frac{Oh^3}{1 + \sqrt{1 - (K+1)C^2 h^2}} + A_1 h^4 + A_2 h^6 + A_3 h^8 + A_{10} h^{10}$$

$$r_1 = 232.659 \quad d_1 = 1.3027 \quad n_1 = 1.560769$$

$$r_2 = -1307.0740 \quad d_2 = 1.7669$$

$$r_3 = -217.552 \quad d_3 = 7.682 \quad n_2 = 1.560769$$

$$r_4 = 222.203 \quad d_4 = 48.397$$

$$r_5 = 0 \quad d_5 = 9.768 \quad n_3 = 1.560769$$

$$r_6 = -209.132 \quad d_6 = 0.163$$

$$r_7 = 732.966 \quad d_7 = 50.24 \quad n_4 = 1.560769$$

(非球面)

$$r_8 = 0 \quad d_8 = 0.8$$

$$r_9 = 0 \quad d_9 = 50.28 \quad n_5 = 1.560769$$

$$r_{10} = 0 \quad d_{10} = 90.426$$

(非球面)

$$r_{11} = -904.26 \quad d_{11} = -24.556 \text{ 反射面}$$

(非球面)

$$r_{12} = -65.869 \quad \text{反射面}$$

但し、第2図に示すように $r_1$ 、 $r_2$ はレンズ1の屈折面の曲率半径、 $r_3$ 、 $r_4$ はレンズ2の屈折面の曲率半径、 $r_5$ 、 $r_6$ はレンズ3の屈折面の曲率半径、 $r_7$ 、 $r_8$ はレンズ4の屈折面の曲率半径、 $r_9$ 、 $r_{10}$ は位相補正板5の各面の曲率半径、 $r_{11}$ は凹面鏡6

面	K	$A_1$	$A_2$
$r_1$	0	$-1.4500 \times 10^{-8}$	$3.2000 \times 10^{-13}$
$r_{10}$	0	$2.4233 \times 10^{-7}$	$2.2897 \times 10^{-11}$
$r_{11}$	0	$1.9573 \times 10^{-8}$	$1.1446 \times 10^{-12}$
		$A_3$	$A_{10}$
		0	0
		$1.6851 \times 10^{-15}$	$-1.3901 \times 10^{-10}$
		$2.3025 \times 10^{-18}$	$-6.0020 \times 10^{-21}$

但し、 $K = -e^2$ で $e$ は離心率、 $h$ は光線入射高さ、 $A_1$ 、 $A_2$ 、 $A_3$ 、 $A_{10}$ は各面 $r_1$ 、 $r_{10}$ 、 $r_{11}$ の非球面係数、 $C = 1/r$ で $r$ は曲率半径である。

第3図(a)、(b)、(c)に上記具体的実施例による球面収差、非点収差歪曲収差を示す。

球面収差は熔融石英から成るレンズ4の非球面及び位相補正板5により大部分を除き、残存している高次の球面収差を凹面鏡6によって補正している。

非点収差、歪曲収差、コマ収差については、カタジオプトリック光学系Ⅱの凹面鏡6、凸面鏡7を入射瞳Bに関して同心配置とし、凸面鏡7は球

面とし、凹面鏡6に対して軸外光の場合においてもコンセントリックであるように成し、収差量の発生を非常に軽微なものとしている。しかも本実施例では屈折材料は合成石英のみであるため $\lambda = 193\text{nm}$ の波長においても30%以上の透過率が得られる。

次に本発明の第2実施例について説明する。本実施例においては第4図に示すように上記第1実施例におけるレンズ4及び位相補正板5を互いの平面部で結合して一体とし、若しくは予め一体に形成し、一つの位相補正部材4'により屈折光学系I、カタジオプトリック光学系IIに共用するようにしたものであり、その他の構成は上記第1実施例と同様である。本実施例においても上記第1実施例と同様の効果を得ることができる。

#### 発明の効果

以上述べたように本発明によれば、収差補正の比較的容易な口径比の大きい屈折光学系と構成的に収差量の発生を小さくした口径比の小さいカタジオプトリック光学系を位相補正部材を中心に共

軸上で互いに結合し、所望の投影倍率を得ているため、軸上の収差である球面収差は勿論のこと、軸外収差であるコマ収差、非点収差、歪曲収差を非常に小さく抑えることができる。

また主たる屈折力を反射系で得ているため、使用する材料は合成石英のみであるため、紫外域、遠紫外域での透過率を確保することができ、紫外域、遠紫外域への適用が可能である。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図乃至第3図は本発明の第1実施例における精密複写用投影光学系を示し、第1図は全体断面図、第2図は像倍率の説明図、第3図(a)~(c)はその収差図、第4図は本発明の第2実施例における精密複写用投影光学系の位相補正板の断面図、第5図は従来例の屈折系を用いた複写用縮小投影光学系の全体断面図、第6図は従来例の反射系を用いた複写用投影光学系の断面図、第7図は第6図に示した従来例を縮小系に変更した場合の想定概略図である。

1、2、3、4…屈折レンズ、5、5'…位相補

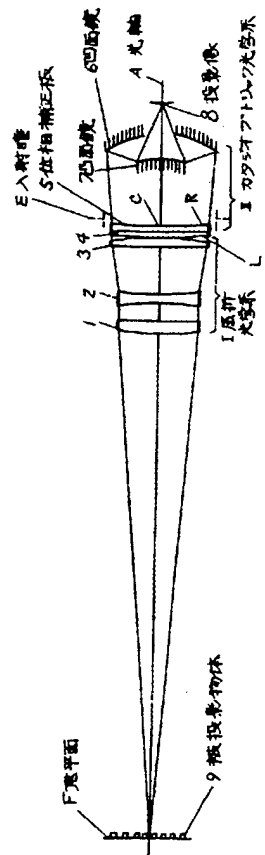
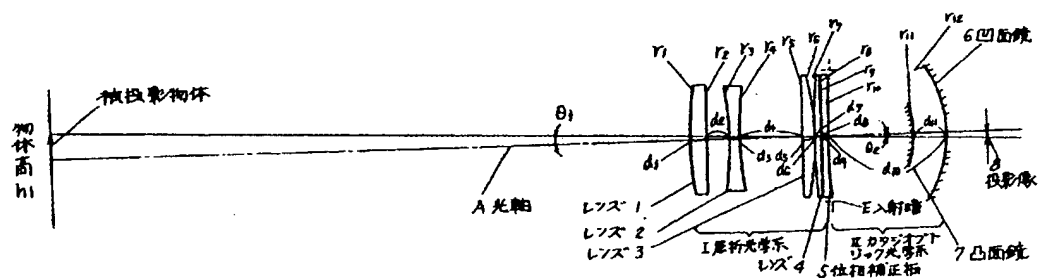


図 1

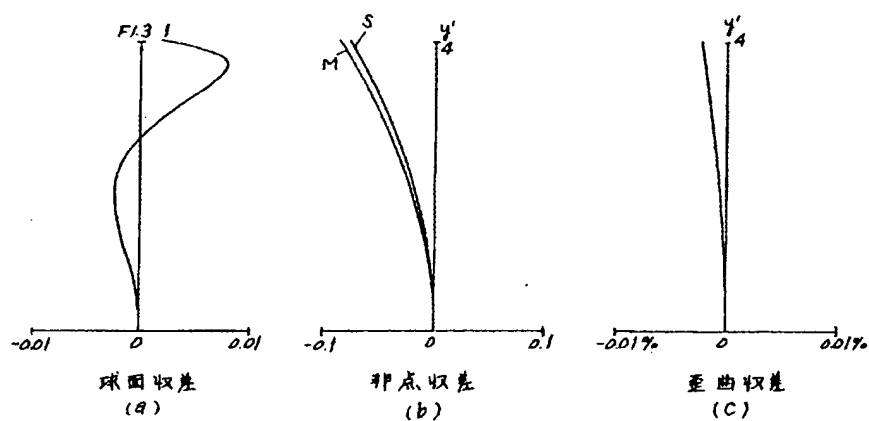
17…正平、6…凹面鏡、7…凸面鏡、8…投影像、9…入射瞳、A…光軸。

代理人の氏名 弁護士 中 尾 敏 男 ほか1名

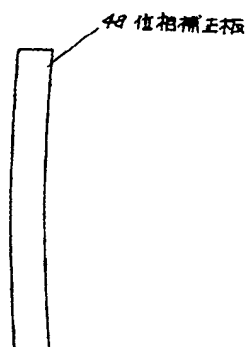
第 2 図



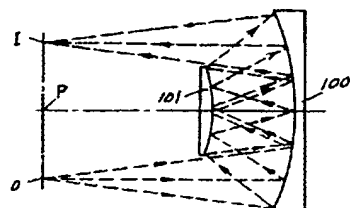
第 3 図



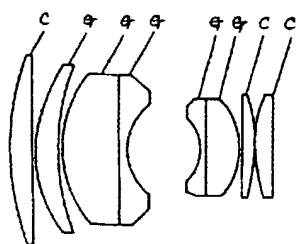
第 4 圖



第 6 圖



第 5 圖



第 7 圖

